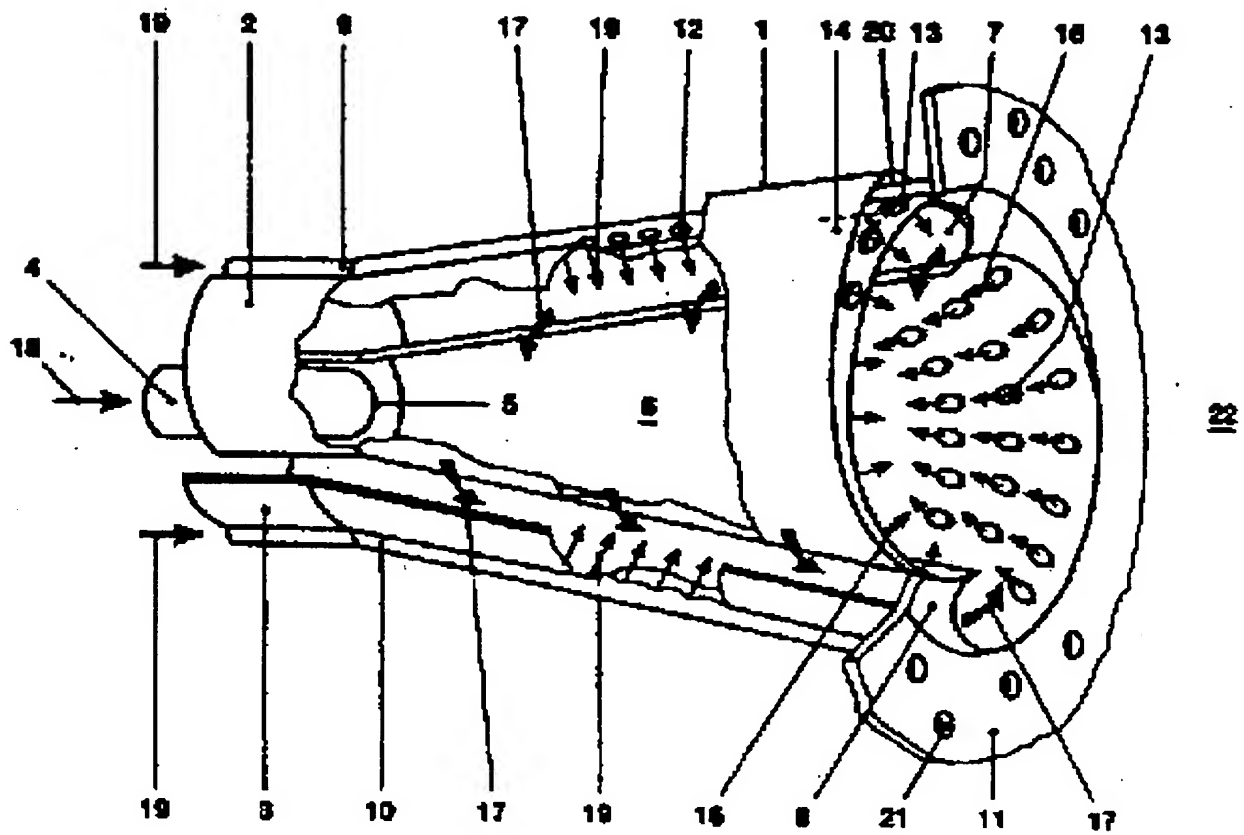


AN: PAT 1995-337591
TI: Low calorific value fuel burner for combustion chamber has conical body with gaseous fuel entering through matrix of holes and air tangentially through slots
PN: **DE4409918-A1**
PD: 28.09.1995
AB: The burner body has a conical inner space (6), formed by two conical part-bodies (2,3) with offset longitudinal axes. Each part-body surface has evenly distributed holes (13) through which gaseous fuel (16) of calorific value equal to or less than 10 MJ/kg passes into the inner space. The holes are pref. tangential or oblique to the burner axis. Combustion air (17) enters tangentially through slots (7,8) on opposite sides of the chamber. An outer shell (14) creates a channel (20) for the gaseous fuel. The combustion mixture has pref. equal parts of gas and air. The burner can be used with other fuels, including liquid through an injector (4) on the burner axis at the narrow end of the inner space.; Provides low pollution burning of low calorific value gaseous fuel, can be used with other fuels.
PA: (ALLM) ABB MANAGEMENT AG;
IN: DOEBBELING K; KNOEPFEL H P; POLIFKE W; SATTELMAYER T;
FA: **DE4409918-A1** 28.09.1995;
CO: DE;
IC: F23D-014/38; F23D-017/00;
DC: Q73;
FN: 1995337591.gif
PR: **DE4409918** 23.03.1994;
FP: 28.09.1995
UP: 30.10.1995

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 44 09 918 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 23 D 17/00
F 23 D 14/38

②1 Aktenzeichen: P 44 09 918.5
②2 Anmeldetag: 23. 3. 94
④3 Offenlegungstag: 28. 9. 95

DE 44 09 918 A 1

⑦1 Anmelder:
ABB Management AG, Baden, Aargau, CH

⑦4 Vertreter:
Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 61476 Kronberg

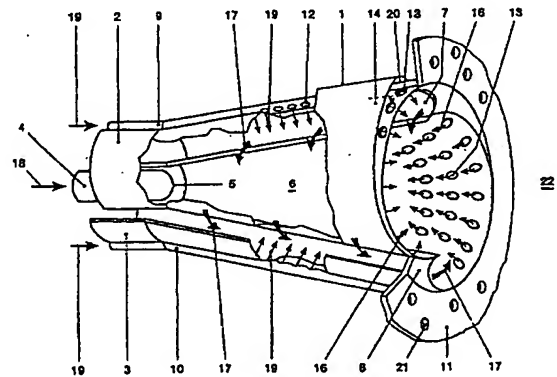
⑦2 Erfinder:
Döbbling, Klaus, Dr., Nussbaumen, CH; Knöpfel,
Hans Peter, Besenbüren, CH; Polifke, Wolfgang, Dr.,
Windisch, CH; Sattelmayer, Thomas, Dr., Mandach,
CH

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

GB 14 73 841
EP 03 21 809 A1

⑤4 Brenner zum Betrieb einer Brennkammer

⑤7 Bei einem Brenner (1) zum Betrieb einer Brennkammer, der im wesentlichen aus mindestens zwei hohlen, kegelförmigen Teilkörpern (2, 3) besteht, verlaufen die Längssymmetrieachsen ebendieser Teilkörper (2, 3) versetzt zueinander, dergestalt, daß strömungsmäßig tangentiale Lufteintrittsschlitz (7, 8) entstehen, durch welche ein Verbrennungsluftstrom (17) in den Innenraum (6) des Brenners (1) einströmt. Dieser Brenner (1) weist eine kopfseitig angeordnete zentrale Düse (4) zur Eindüsung eines flüssigen Brennstoffes (18) sowie weitere Düsen (12) im Bereich der tangentialen Lufteintrittsschlitz (7, 8) auf, wobei durch diese Düsen (12) ein gasförmiger Brennstoff (19) eingedüst wird. Die kegelförmigen Teilkörper (2, 3) weisen auf ihrer ganzen Oberfläche regelmäßig angeordnete Öffnungen (13) auf, welche mit dem Innenraum (6) des Brenners (1) kommunizieren, und durch welche ein gasförmiger Brennstoff (16) mit einem Heizwert von ≤ 10 MJ/kg in den Innenraum (6) eingedüst wird.



DE 44 09 918 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Brenner gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Brenners.

Stand der Technik

Gasförmige Brennstoffe mit einem niedrigen Heizwert von ≤ 10 MJ/kg, sogenannte LBtu-Gase, welche hochreaktive Komponente, beispielsweise Wasserstoff, enthalten, entstehen unter anderen bei der luftgeblasenen Vergasung von Kohle. Das Produkt der Vergasung besteht zum größten Teil aus N_2 , H_2 und CO. Diese LBtu-Gase werden bereits in Gasturbinen mit Einzel-Brennern großer Leistung bis zu 300 MW thermisch pro Brenner verfeuert. Für moderne stationäre Gasturbinen mit vorzugsweise Ringbrennkammern ist eine Einzelbrennergröße von weniger als 30 MW erforderlich, will man eine gleichmäßige Temperaturverteilung am Umfang, insbesondere bei Teillast erreichen.

Die besondere Schwierigkeit bei der Realisierung eines mit LBtu-Gas betreibbaren Brenners liegt darin, daß der Mindestluftbedarf von LBtu-Gasen etwa bei 1 liegt, und zur Einstellung der für Gasturbinen gewünschten Feuerungstemperatur von etwa 1450°C eine Luftzahl wenig größer als 1 erforderlich ist. Die Massenströme von Brennstoff und Verbrennungsluft sind für LBtu-Gase etwa gleich groß, während sie im Fall von Erdgas etwa im Verhältnis 30 : 1 (Luft:Erdgas) stehen.

Um einen schadstoffarmen Betrieb zu gewährleisten, ist bereits ein Brenner bekanntgeworden, wie er beispielsweise aus EP-0 321 809 hervorgeht. Bei diesem Brenner ist es möglich, eine schadstoffarme Verbrennung von flüssigen und gasförmigen Brennstoffen niedriger Reaktivität zu erzielen. Die direkte Verbrennung von LBtu-Gasen ist anhand dieses bekannten Brenners nicht im angestrebten Maß realisierbar. Dies hängt im wesentlichen damit zusammen, daß die Mischung von LBtu-Gas und Luft sehr homogen erfolgen muß, da sonst wegen des erforderlichen Betriebes mit Luftzahlen ca. 1 ein vollständiger Ausbrand nicht erreicht werden kann.

Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Brenner und ein Verfahren der eingangs genannten Art eine Konfiguration vorzuschlagen, die eine schadstoffarme Verbrennung von LBtu-Brennstoffen möglich macht.

Dies wird dadurch erreicht, daß, ausgehend von oberbegrifflichen Brenner, in den Kegelhälften ebendieses Brenners eine Vielzahl von Bohrungen angebracht sind, durch welche das LBtu-Gas in den Innenraum des Brenners eingedüst wird. Durch Wahl eines geeigneten Anstellwinkels der Brennstoff-Bohrungen sowie durch ihre Verteilung über die einzelnen Kegelkörper ist es möglich, den Brennstoff homogen einzumischen und ein ähnliches Strömungsfeld wie bei einem Erdgasbetrieb zu erzielen.

Ein erster wesentlicher Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß das LBtu-Gas an der Außenseite der Kegelhälften zugeführt wird, dadurch kühlt er bei geeigne-

ter Strömungsführung die Teilkörper des Brenners von außen. Daraus wird eine Überhitzung des Brennerkörpers auch dann ausgeschlossen, wenn die Flamme in der Nähe der Eindüsenstellen zurückschlagen sollte.

Des weiteren ist es möglich, durch eine Anstellung der Eindüsenbohrungen für LBtu-Gas in Umfangsrichtung der Teilkörper den Drall der Brennerströmung gegenüber dem Betrieb mit Erdgas zu erhöhen, und somit eine höhere Stabilität der Flamme, d. h. der Löschgrenze bei höheren Luftzahlen, zu erreichen.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß die Luftströmungsführung und die Erdgaszuführungskanäle durch das zusätzliche LBtu-System nicht gestört werden, so daß der Brenner weiterhin mit Erdgas im dry low NOx-Betrieb betreibbar ist.

Dasselbe gilt auch für den Betrieb mit einem flüssigen Brennstoff, bei welchem weiterhin mit einer Zerstäubungsdüse in der Kegelspitze operiert werden kann. Dadurch können Brenner gebaut werden, die drei unterschiedliche Brennstoffe verbrennen können, nämlich Erdgas, Heizöl und LBtu-Gas.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß die Mischung des LBtu-Gases sehr kleinskalig erfolgt, so daß schon nach kürzester Zeit eine optimale Mischung von Brennstoff und Luft vorliegt, womit eine kurze Ausbrandlänge die Folge ist. Dies wirkt sich auf die Schadstoff-Emissionen positiv im Sinne einer Minimierung derselben aus.

Des weiteren, die Flamme brennt stabil, da sie durch den heißen Vortex Breakdown hinter dem Brenner stabil an einem definierten Ort gezündet wird.

Vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Aufgabenlösung sind in den weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird anhand der Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigt:
Fig. 1 einen Doppelkegelbrenner in Gesamtansicht,
Fig. 2 einen Schnitt durch die Ebene II-II des Brenners und
Fig. 3 eine perspektivische Ansicht des Brenners, entsprechend aufgeschnitten.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwertbarkeit

Der Aufbau vorliegenden Brenners gemäß Fig. 1 entspricht weitgehend demjenigen in Druckschrift EP-0 321 809, wobei hier gleichzeitig auf die dortigen Ausführungen sowie auf die Erläuterungen unter Fig. 3 verwiesen wird. Dieser Brenner ist zwischenzeitlich aufgrund seines Aufbaues recht gut als Doppelkegelbrenner bekannt geworden. Gegenüber dem bekanntgewordenen Brenner unterscheidet sich die vorliegende Ausführung insoweit, als der Brenner 1 im Bereich der aktiven Länge mit einer schalenförmigen Ummantelung 14 versehen ist, welche vom Brennerkörper beabstandet ist. Diese Ummantelung 14 ist im Bereich der tangentialen Eintrittsschlitze (Siehe Fig. 3) zwecks Einströmung eines Verbrennungsluftstromes 17 ins Innere des Bren-

ners 1 unterbrochen, d. h. dort abgeschlossen. Ein tangentialer Lufteintrittsschlitz 8 wird hier der Verständigung halber gezeigt. Die Ummantelung 14 ist somit allein dem jeweiligen Teilkörper zugeordnet und bildet in sich einen in axialer Richtung wirkenden Kanal. In Fig. 1 ist der Brenner aus zwei Teilkörper 2, 3 zusammengesetzt, demnach sind zwei tangentiale Lufteintrittsschlitze vorhanden. Selbstverständlich kann der Brenner 1 aus mehreren Teilkörpern bestehen, entsprechend wird dann die Anzahl der tangentialen Lufteintrittsschlitze sein. Die Ummantelung 14 sowie die nicht gezeigten weiteren Ummantelungen der restlichen Teilkörper tragen jeweils einen Zuführungskanal 15, durch welchen einen Brennstoff 16 in einen von der Ummantelung 14 gebildeten und bereits angesprochenen Zwischenkanal 20 strömt und sich dort dann gleichmäßig über als Düsen wirkenden Öffnungen 13 verteilt, um anschließend in den Innenraum des Brenners 1 zu strömen. Dieser Brennstoff 16 hat einen niedrigen Heizwert, nämlich ≤ 10 MJ/kg, und wird in der Fachsprache als LBTu-Gas bezeichnet. Bei der Verbrennung eines solchen LBTu-Gases muß die Mischung von Gas und Luft sehr homogen erfolgen, da sonst wegen der relativ niedrigen hierfür notwendigen Luftzahlen von ca. 1 kein vollständiger Ausbrand zu erreichen ist.

Fig. 2 zeigt einen axialen Mittelschnitt durch den Brenner 1, wobei hier nur ein Teilkörper 2 gezeigt ist. Gut ersichtlich ist aus dieser Figur die gleichmäßige Verteilung der Düsen 13 über die ganze Fläche des Teilkörpers 2, womit die angestrebte gleichmäßige Verteilung des durch diese Düsen 13 ins Innere des Brenners 1 einströmenden LBTu-Gases 16 mit der Verbrennungsluft 17 erreicht wird.

Fig. 3 zeigt in perspektivischer Ansicht den bereits summarisch beschriebenen Brenner 1. An sich handelt es sich bei diesem Brenner 1 um einen Vormischbrenner, dessen Vormischzone mit dem Innenraum übereinstimmt. Der Brenner 1 selbst besteht aus zwei halben hohlen Teilkörper 2, 3 von kegelförmiger Form, welche bezüglich ihrer Längssymmetrieachse radial versetzt zueinander verlaufen und aufeinander liegen. Die Versetzung der jeweiligen Längssymmetrieachse zueinander schafft auf beiden Seiten der Teilkörper 2, 3 in entgegengesetzter Einströmungsanordnung jeweils einen tangentialen Lufteintrittsschlitz 7, 8 frei, durch welche die Verbrennungsluft 17 in den Innenraum des Brenners, d. h. in den von beiden Teilkörpern 2, 3 gebildeten Kegelhohlraum 6 strömt. Die Form der gezeigten Teilkörper 2, 3 weist in Strömungsrichtung, wie oben bereits vermerkt, einen kegelförmigen Verlauf mit einem bestimmten festen Öffnungswinkel auf. Selbstverständlich können die Teilkörper 2, 3 in Strömungsrichtung einen intermittierend oder fortlaufend zunehmenden resp. abnehmenden Winkel, ähnlich einer Trompete resp. einer Tulpe, beschreiben. Die letztgenannten Ausführungsformen sind zeichnerisch nicht erfaßt, da sie leicht nachempfindbar sind. Welche Form schließlich zum Einsatz gelangt, hängt im wesentlichen von den jeweils vorgegebenen Parametern der Verbrennung ab. Die beiden Teilkörper 2, 3 weisen je einen zylindrischen Anfangsteil auf, welche analog zu den Teilkörpern 2, 3 versetzt zueinander verlaufen, so daß die tangentialen Lufteintrittsschlitze 7, 8 für die Einströmung der Verbrennungsluft 17 in den Kegelhohlraum 6 durchgehend über die ganze Länge des Brenners 1 vorhanden sind. In diesem zylindrischen Anfangsteil ist eine Düse 4 untergebracht, deren Brennstoffeindüsung 5 mittig gegenüber dem Kegelhohlraum 6 ist und in etwa mit dem engsten Quer-

schnitt des durch die beiden Teilkörper 2, 3 gebildeten Innenraumes zusammenfällt. Vorzugsweise wird die genannte Düse 4 mit einem flüssigen Brennstoff 18 betrieben. Beide Teilkörper 2, 3 weisen des weiteren im Bereich der tangentialen Lufteintrittsschlitze 7, 8 je eine axial verlaufende Brennstoffleitung 9, 10 auf, welche mit einer Anzahl Düsen 12 versehen ist. Vorzugsweise strömt durch diese Düsen 12 ein gasförmiger Brennstoff 19, der sich mit der durch die tangentialen Lufteintrittsschlitze 7, 8 strömenden Verbrennungsluft 17 vermischt. Diese Zumischung erfolgt vorzugsweise vor Eintritt in den Kegelhohlraum 6, dies um eine optimale Luft/Brennstoff-Mischung zu erhalten, bevor das Gemisch dann in den Kegelhohlraum 6 Richtung Flammenfront strömt. Brennraumseitig 22 geht die Ausgangsöffnung des Brenners 1 in eine Frontwand 11 über, in welcher eine Anzahl Bohrungen 21 vorgesehen sind. Die letztgenannten treten bei Bedarf in Funktion und erfüllen die Aufgabe, Verdünnungsluft und/oder Kühlluft dem vorderen Teil des Brennraumes 22 zuzuführen. Darüber hinaus sorgt diese Luftzuführung dafür, daß eine Flammenstabilisierung am Ausgang des Brenners erzielt wird. Diese Flammenstabilisierung am Ausgang des Brenners 1 ist wichtig, um einer radialen Verflachung des Flammenkegels entgegen zu wirken. Der durch die Düse 4 strömende flüssige Brennstoff 18 wird in einen spitzen Winkel in den Kegelhohlraum 6 eingedüst, dergestalt, daß sich in der Brenneraustrittsebene ein möglichst homogener kegelförmiger Brennstoffspray einstellt, wobei zu achten ist, daß die Innenwände der Teilkörper 2, 3 von diesem eingedüsten flüssigen Brennstoff 18 nicht benetzt werden. Bei der Düse 4 kann es sich um eine luftunterstützte Düse oder um eine Düse nach einem Druckzerstäubungsprinzip handeln. Das durch die Düse 4 gebildete kegelförmige Brennstoffprofil wird von der tangential einströmenden Verbrennungsluft 17 umschlossen. In axialer Richtung wird die Konzentration des flüssigen Brennstoffes 18 fortlaufend durch ebendiese Luft 17 abgebaut. Dies führt dazu, daß sich am Ausgang des Brenners 1 ein Wirbelaufplatzen und eine Rückströmzone einstellen. In diesem Bereich wird eine homogene Brennstoffkonzentration über den Querschnitt erreicht. Die Zündung selbst erfolgt an der Spitze der Rückströmzone. Erst an dieser Stelle kann sich eine stabile Flammenfront einstellen. Ein Rückschlag der Flamme ins Innere des Brenners 1, wie dies bei den bekanntgewordenen Vormischstrecken latent der Fall ist, wogegen dort mit komplizierten Flammenhaltern Abhilfe gesucht wird, ist hier nicht zu befürchten. Ist die Verbrennungsluft 17 vorgeheizt oder allenfalls mit rückgeführtem Rauchgas vermischt, so stellt sich eine beschleunigte Verdampfung des flüssigen Brennstoffes 18 ein, bevor der Punkt am Ausgang des Brenners 1 erreicht ist, an dem die Zündung des Gemisches stattfindet. Die genannte Maßnahme, die Verbrennungsluft 17 mit rückgeführtem Rauchgas zu vermischen, trägt wesentlich dazu bei, insbesondere die NOx-Emissionen zu minimieren. Bei der Gestaltung der Teilkörper 2, 3 hinsichtlich des Kegelwinkels sowie des Durchflußquerschnittes der tangentialen Lufteintrittsschlitze 7, 8 sind enge Grenzen einzuhalten, damit sich das gewünschte Strömungsfeld am Ausgang des Brenners einstellen kann. Allgemein ist zu sagen, daß eine Verkleinerung des Durchflußquerschnittes der tangentialen Lufteintrittsschlitze 7, 8 die Rückströmzone weiter stromaufwärts verschiebt, wodurch dann das Gemisch früher zur Zündung kommt. Immerhin ist festzustellen, daß die einmal fixierte Rückströmzone an sich positionsstabil ist,

denn die Drallzahl nimmt in Strömungsrichtung im Bereich der Kegelform des Brenners 1 zu. Der Brenner 1 weist hier noch eine weitere Möglichkeit auf, nämlich den Betrieb durch ein LBtu-Gas 16 aufrechtzuerhalten. Zu diesem Zweck strömt dieses Gas 16 in den Zwischenkanal 20 (Siehe auch Fig. 1), der durch die schalenmäßige Ummantelung 17 begrenzt wird, um sich dann dort über die ganze Länge des entsprechenden Teilkörpers 2, 3 zu verteilen. Die Teilkörper 2, 3 sind ihrerseits über die ganze Länge mit Düsen 13 versehen, durch welche das LBtu-Gas 16 in den Kegelhohlraum 6 strömt und sich dort mit der Verbrennungsluft 17 vermischt. Die besondere Schwierigkeiten beim Betrieb eines Brenners mit LBtu-Gas 16 besteht darin, daß die Massenströme von Brennstoff und Verbrennungsluft etwa gleich groß sind, weshalb große Anforderung im Zusammenhang mit dem Zumischungsprozeß einhergehen. Die Zumischung hat so zu erfolgen, daß vor der Flammenfront ein homogenes Gemisch vorliegen muß, was vorliegend durch die genannte Disposition der Düsen 13 erreicht wird und dadurch, daß das LBtu-Gas 16 mit hoher Geschwindigkeit durch die Düsen 13 eingedüst wird, wobei darauf zu achten ist, daß die Eindringtiefe und die Richtung der Strahlen dieses LBtu-Gases 16 so abgestimmt sind, daß die Zündung und Stabilisierung der Flamme nach vollzogener Mischung erfolgen und sich im Bereich der Rückströmzone hinter dem Brenneraustritt einstellen. Um die genannte Stabilität zu erhöhen, sind die Düsen 13 tangential, bei Bedarf auch schräg-axial gegenüber der Mittelachse des Brenners 1 anzustellen, dies um den Gesamtdrall am Brenneraustritt zu erhöhen. Die genannten Systeme zur Eindüsung eines Brennstoffes, nämlich über die Düse 4 mit einem flüssigen Brennstoff 18, über die im Bereich der tangentialen Lufteintrittsschlitz 7, 8 wirkenden Düsen 12 mit einem gasförmigen Brennstoff 19 und über die in den Teilkörpern 2, 3 vorhandenen Düsen 13 mit einem LBtu-Gas 16 sind getrennt voneinander betreibbar; es ist aber ohne weiteres möglich, die Verbrennung mit einem oder mehreren voneinander verschiedenen Brennstoffen aufrecht zu erhalten.

Bezugszeichenliste

1 Brenner	45
2 Teilkörper	
3 Teilkörper	
4 Düse	
5 Brennstoffeindüsung	
6 Kegelhohlraum	50
7 Tangentialer Lufteintrittsschlitz	
8 Tangentialer Lufteintrittsschlitz	
9 Brennstoffleitung	
10 Brennstoffleitung	
11 Frontwand	55
12 Düsen	
13 Düsen	
14 Schalenförmige Ummantelung	
15 Zuführungskanal	
16 LBtu-Gas	60
17 Verbrennungsluft	
18 Flüssiger Brennstoff	
19 Gasförmiger Brennstoff	
20 Zwischenkanal	
21 Bohrungen	65
22 Brennraum.	

1. Brenner zum Betrieb einer Brennkammer, wobei der Brenner im wesentlichen aus mindestens zwei hohlen, kegelförmigen Teilkörpern besteht, deren Längssymmetrieachsen zueinander versetzt verlaufen, wodurch strömungsmäßig entgegengesetzte tangentiale Lufteintrittsschlitz für einen Verbrennungsluftstrom entstehen, wobei im von den Teilkörpern gebildeten Kegelhohlraum mindestens eine Düse zur Einbringung eines flüssigen und mindestens eine weitere Düse zur Einbringung eines gasförmigen Brennstoffes vorhanden sind, dadurch gekennzeichnet, daß die kegelförmigen Teilkörper (2, 3) auf ihrer ganzen Oberfläche regelmäßig angeordnete Öffnungen (13) aufweisen, daß durch diese Öffnungen (13) ein gasförmiger Brennstoff (16) mit einem Heizwert von $\leq < 10 \text{ MJ/kg}$ in den Kegelhohlraum (6) eindüsbar ist.
2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kegelförmigen Teilkörper (2, 3) je von einer Schale (14) ummantelt sind, daß zwischen Schale (14) und Außenfläche der Teilkörper (2, 3) ein Zwischenkanal (20) zur Durchströmung des gasförmigen Brennstoffes (16) mit einem Heizwert $\leq 10 \text{ MJ/kg}$ gebildet ist.
3. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (13) gegenüber der Mittelachse des Brenners (1) tangential oder schräg-axial verlaufen.
4. Verfahren zum Betrieb eines Brenners nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der durch alle Öffnungen (13) in den Kegelhohlraum (6) einströmende Massenstrom an Gas (16) mit einem Heizwert $\leq 10 \text{ MJ/kg}$ dem durch die tangentialen Lufteintrittsschlitz (7, 8) strömenden Massenstrom an Verbrennungsluft (17) entspricht.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Brenner (1) im Mischbetrieb zusätzlich mit einem anderen Brennstoff (18, 19) betrieben wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

